

А.А. Ткач, доц., канд.техн.наук, О.І. Луценко, ст. гр.ОС-06

Кіровоградський національний технічний університет

Методика визначення екологічної надійності водопровідних систем

Обґрунтовано методику визначення екологічної надійності водопровідних систем. Подані основні математичні методи визначення показників надійності, проаналізовано вплив показників надійності на технічний стан водопровідних систем.

експоненційний закон розподілу відмов, імовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов

Відомо, що екологічна надійність водопровідних систем тісно пов'язана з рівнем технічної експлуатації. Тому питання визначення рівня екологічної надійності є надзвичайно важливим для підвищення екологічних та експлуатаційних показників функціонування водопровідних мереж.

Кількісне визначення надійності пов'язане із природою виникнення відмови, що є результатом випадкового збігу ряду несприятливих факторів. Це положення приводить до висновку, що відмова є випадковою подією. Випадковість відмови полягає у випадковості його настання, тобто у часі його виникнення й місці розташування події. При визначенні кількісного значення надійності замість випадкових подій користуються випадковими величинами, які в результаті досвіду можуть прийняти те або інше значення, причому невідомо заздалегідь, яке саме.

При вивченні випадкової величини розглядаються два основних питання:

- яке значення може приймати дана випадкова величина;
- наскільки можливі ті чи інші значення цієї випадкової величини.

Якщо дається відповідь на ці два питання, то це значить, що відомо розподіл цієї випадкової величини. Таким чином, найбільш повною характеристикою будь-якої випадкової величини є закон розподілу. Законом розподілу випадкової величини є всяке співвідношення, що встановлює зв'язок між можливими значеннями випадкової величини й відповідними їм імовірностями. Закони розподілу часу між відмовами дозволяють досить просто визначати всі основні кількісні характеристики надійності. У дійсних умовах змісту систем час між відмовами найпростіших елементів і складних систем підкоряється ряду певних законів розподілу: нормальному, експоненційному, біноміальному, Релея й ін.

У теорії надійності найбільш часто зустрічаються розподіли, що відповідають експоненційному й нормальному законам.

Експоненційний закон досить добре описує поведінку як окремих елементів, так і систем у цілому при їхній нормальній експлуатації, тобто тоді, коли справедлива умова:

$$\lambda(t) = \text{const.}$$

При цьому розподілі параметр λ повністю визначає експоненціальний розподіл.

Для водопровідних мереж період, у якому $\lambda(t) = \text{const}$ становить від 2 років з початку експлуатації до 50 років. З початку експлуатації до 2 років мережі знаходяться у періоді приробки, відмови у цьому періоді пов'язані переважно з недоліками, допущеними при виготовленні труб та визначаються за нормальним законом розподілу відмов. Після двох років експлуатації починається період капіталізації, на протязі якого відмови розподіляються згідно з експоненціальним законом.

Оцінка надійності систем за допомогою математичного апарата полягає у визначенні закономірностей розподілу випадкових величин (відмов).

При цьому враховується, що імовірність безвідмовної роботи

$$P(t) = e^{-\lambda t},$$

набуває значення чисел від 0 до 1 за проміжок часу t . Якщо $\lambda t \ll 1$, то система є високонадійною. При малих значеннях λt вираз імовірності безвідмовної роботи може бути розкладений в ряд: $P(t) = 1 - \lambda t + (\lambda t)^2/2 - \dots$

При значеннях $\lambda t \ll 1$ можна обмежитися першими двома членами, тобто

$$P(t) = 1 - \lambda t.$$

Для розрахунку імовірності безвідмовної роботи системи з резервуванням використовуються формули для розрахунку характеристик надійності невідновлюваних зразків при основному з'єднанні елементів, під яким розуміється відмова технічного пристрою при відмові одного з його елементів. При розрахунку надійності таких пристроїв передбачається, що відмова елемента є подією випадковою і незалежною.

Одним з найважливіших показників для визначення імовірності безвідмовної роботи водопровідного обладнання є показник інтенсивності відмов $\lambda(t)$ – це умовна імовірність відмови обладнання у інтервалі часу $(t, t+\Delta t)$ при умові, що до моменту t обладнання працювало без відмов, тобто

$$\lambda(t) = f(t)/P(t) = a(t)/P(t),$$

де $P(t)$ – імовірність безвідмовної роботи; $a(t)$ – частота відмов.

Інтенсивність відмов характеризує ступінь надійності обладнання у кожний даний момент періоду його експлуатації. По інтенсивності відмов найпростіше визначаються інші кількісні показники надійності обладнання водопровідних споруд, тому її прийнято вважати основним показником надійності найпростіших елементів водопровідних споруд і систем.

Для визначення інтенсивності відмов водопровідної системи (λ_c), що складається з багатьох елементів, розглядається принципова схема системи, вивчається її функціонування й зв'язок між окремими елементами системи; складні системи розбиваються на підсистеми, які, у свою чергу, діляться на групи (агрегати), вузли (блоки); складалась структурна схема для розрахунку. Знайдені $\lambda_{c, \min}$ та $\lambda_{c, \max}$ підставлялися у формулу 1 для інтервалів часу $t = 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000$ годин. За отриманими даними будуються графіки $P_{\min}(t) = f(\lambda_{c, \min}, t)$ та $P_{\max}(t) = f(\lambda_{c, \max}, t)$ і приймаючи завдання на відмову $P(t) = 0,7$, (зниження імовірності безвідмовної роботи менше 0,7 вважається відмовою) знаходиться час гарантованої роботи, що забезпечує межове значення імовірності безвідмовної роботи і знаходиться мінімальну та максимальну наробку на відмову, по якій здійснюється оцінка надійності елементів водопровідної системи у порівнянні з фактичними спостереженнями впродовж року експлуатації

Список літератури

1. Ткач А.А. Розробка шляхів підвищення надійності водопровідних систем.- Кіровоград: Державне Центрально-Українське видавництво, 1996. - 244 с. За замовленням РИЛ КИСМА.
2. Абрамов Н.Н. Надійність систем водопостачання. - М.: Будвидав, 1984.- 231 с.
3. Навчальний посібник із дисципліни “Надійність технічних систем” для студентів спеціальності 7.092203 – Полтава: Полтавський державний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2006. – 157 с.
4. Беляєв Ю.К., Богатирьов В.А., Болотин В.В. Надійність технічних систем, - М.: Радіо й зв'язок, 1985.-608 с.

Одержано 30.05.11